

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA**

Hornicko – geologická fakulta

Institut geologického inženýrství

**VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE DŮLNÍCH
VOD Z OSTRAVSKÉ A KARVINSKÉ DÍLČÍ PÁNVE**

Bakalářská práce

Autor: Lucie Bělíčková

Vedoucí práce: doc.Ing.Naďa Rapantová, CSc.

Ostrava 2010

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práci, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě

.....

Lucie Bělíčková

Anotace

V této bakalářské práci je zpracováno možné využití geotermální energie důlních vod ostravské a karvinské dílčí pánve. V první části je vysvětlen pojem „důlní vody“ a „stará důlní díla“. Ve druhé části je uvedena charakteristika oblasti ostravsko – karvinského revíru, jednotlivých dílčích pánví a jejich zatápění. Dále je zpracována analýza možností využití důlních vod. Je popsán princip tepelných čerpadel a zabývá se jednotlivými typy systémů a jejich možným využitím v OKR. Na závěr práce je zařazena kapitola o využití geotermální energie důlních vod v zahraničí.

Klíčová slova: důlní vody, geotermální energie, tepelná čerpadla

Summary

In this work it is processed using geothermal potential of mine water from Ostrava and Karvina coal basin. The first section explains the concept of "mining water" and "old mine". The second part focuses on the characteristics of the Ostrava - Karviná district, individual sub-basins and their firing. It is processed by analyzing how the use of mine water. Describes the principle of heat pumps and discusses the various types of systems and their potential application in the district. At the conclusion of the chapter is the use of geothermal mine water abroad.

Key words: mine water, geothermal energy, heat pumps

Obsah

1.Úvod	1
2.Problematika vymezení pojmu „důlní vody“.....	2
2.1 Historie pojmu „důlní vody“.....	2
2.2 Příčiny mnohotvárnosti pojmu „důlní vody“.....	4
2.3 Stará důlní díla.....	6
3. Charakteristika ostravsko – karvinského revíru.....	8
3.1 Akumulace důlních vod.....	10
3.2 Teplota důlních vod.....	10
3.3 Důlní vody po ukončení těžby.....	11
3.4 Čerpání důlních vod v OKR.....	11
3.5 Zatápění dílčích pánví OKR.....	13
3.6 Přírodní zdroje přítoků důlních vod.....	15
4. Analýza možností využití důlních vod.....	16
4.1 Geotermický stupeň, geotermický gradient.....	16
4.2 Geotermální energie.....	16
4.3 Využití geotermální energie důlních vod.....	16
4.4 Princip práce tepelného čerpadla.....	17
4.4.1 Schéma zapojení tepelného čerpadla.....	18
4.4.2 Typy čerpadel.....	19
4.4.2.1 Kolektory.....	23
4.4.2.2 Studny.....	23
4.4.3 Výkonnost čerpadla.....	24
4.5 Využití tepelné energie důlních vod OKR.....	25
4.6 Využitelnost důlních prostor pro získávání geotermální energie.....	26
4.6.1 Využití důlních větrů na činných dolech.....	26
4.6.2 Využití důlních vod na činných dolech.....	26
4.6.3 Využití důlních vod – vodní jámy.....	27

4.6.4 Využití geotermální energie hornin – činné doly.....	27
4.6.5 Využití geotermální energie hornin – zlikvidované doly.....	28
4.7 Technické a bezpečnostní možnosti využívání geotermální energie důlních vod OKR.....	28
5. Využití geotermální energie důlních vod v zahraničí.....	29
5.1 Španělsko.....	30
5.2 Holandsko.....	30
5.3 Polsko.....	33
5.4 Skotsko – Shawfair.....	33
5.5 Skotsko – Lumphinnans.....	34
5.6 Kanada.....	34
5.7 USA – Missouri.....	35
6. Závěr.....	36
7. Použitá literatura.....	37
8. Seznam obrázků.....	39
9. Seznam tabulek.....	40

1. Úvod

Ostrava a její okolí je spojena s hornictvím. Tato oblast je známa jako ostravsko – karvinský revír. V současné době fungují pouze doly v karvinské dílčí pánvi. Činné doly v ostravské a petřvaldské dílčí pánvi byly zlikvidovány.

Jedním z problémů spojených s důlní činností jsou důlní vody a nakládání s nimi. Vymezení pojmu „důlní vody“ je široké. Jsou to ty povrchové a podzemní vody, které vnikly do hlubinných a povrchových dolů, kamenolomů, hlinišť, štěrkoven a pískoven. Jsou to ale i doprovodné vody v těžených ropných a plynových ložiscích, které jsou součástí těžené nerostné suroviny.

Po ukončení prací v ostravské a petřvaldské dílčí pánvi jsou ze zatopených dolů čerpány důlní vody z důvodu zabránění neřízených přetoků důlních vod do karvinské dílčí pánve.

Cílem této bakalářské práce je popis možného využití důlních vod. Opuštěné a zatopené doly představují vysoký potenciál pro geotermální využití důlní vody.

2. Problematika vymezení pojmu „důlní vody“

„Vymezení pojmu „**důlní vody**“ [citace ze zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství - horní zákon] je poměrně široké. Hlavním kritériem, kterým důlní vody lze charakterizovat, je důlní prostor (ať již povrchový nebo hlubinný), do kterého „*všechny podzemní, povrchové a srážkové vody*“ vnikly, a to bez ohledu na to, zda se tak stalo „*průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejího spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami*“.

Při tom důlními prostory jsou všechna důlní díla a dále vyrubané, zavalené nebo založené prostory v hlubinných dolech, prostory po vytěženém ložisku v lomu, hliništi nebo po těžbě štěrku a písku z vody.

Důlní vodou jsou proto ty povrchové a podzemní vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových dolů, kamenolomů, hlinišť, štěrkoven a pískoven. Jsou to ale i doprovodné vody v těžených ropných a plynových ložiscích, které jsou součástí těžené nerostné suroviny. Např. u ložisek zemního plynu a ropy, kdy při jejich těžbě jsou z ložiska vynášeny ložiskové kapaliny a důlní vodu lze vymezit až po separaci od těžené suroviny ze směsi. Nebo vody, které jsou používány ke vtlačení do ložiska, např. u solí a zpět jsou čerpané ve formě solanky, nebo i roztoky vtlačované do horninového prostředí sloužící např. k chemické těžbě uranových rud, ap.

Mnohotvárnost forem důlních vod je pravou příčinou problémů s vytvořením jednoduché definice, která by jednoznačně vystupovala v báňské, vodohospodářské, odpadové i environmentální legislativě.

2.1 Historie pojmu „důlní vody“

Obecný horní zákon č.146/1854 ř.z. pamatoval na užívání povrchových vod, příp. jiných důlních vod pro těžební organizaci, a to v §105 „Postoupení povrchových vod“, kde stanovil: „*Povrchové vody, jichž je třeba k provozu hor, musí býti i proti vůli vlastníka a ve prospěch držitele revírní štoly i od jiných majitelů hor postoupeny, pokud zájmy vodní policie neb jiné veřejné zájmy tomu nepřekážejí a pokud z požadovaného postoupení vody lze očekávati větší národohospodářské výhody. ...*“.

Dále v části c) zákona „Práva spojená s propůjčkou hor“ v § 128 ustanovil, že: „*Na důlní vody, jež podnikatel hor uvolnil, zůstává mu vyhrazeno, i když je nechá vytékati na*

povrch, až do jejich spojení s jinými stálými pozemními vodami přednostní právo k jejich užívání pro provoz hor a hutí i jejich příslušenství.“.

Rovněž tak i v § 129, kde uložil povinnost: „*Požadují-li jiní takové důlní vody, vyzve báňský úřad majitele hor, aby prohlásil v přiměřené lhůtě, chce-li jich v nejbližších pěti letech použít k provozu hor. Nestane-li se toto prohlášení v této lhůtě, nebo nepoužije-li majitel hor svého vyhrazeného práva v nejbližších pěti letech, mohou vody propůjčeny býti i jiným k jakýmkoli účelům.“.* V § 130 obecného horního zákona se mimo jiné stanovilo, že: „*Za změny množství důlních vod z hor vytékajících vlastník hor nezodpovídá.“.*

Zvláštní postavení důlních vod komentoval F. Pantůček v časopise Právník (1909), kde uvádí: „*...z vod spodních nutno dále vyloučiti vzhledem k zvláštním předpisům zákonným vody důlní, ohledně jichž získávání a použití dal zákon horní zvláštní ustanovení, jakož i vody slané, patřící hornímu regálu“.*

O důlních vodách hovoří i zákon č. 57/1928 Sb., o zřízení a působnosti báňských úřadů, který v § 3 v odst. 1 uvádí, že: „*Báňským hejtmánstvím přísluší v I. instanci (z agend v obecném horním zákonu vytčených)“* kromě jiného i – dle bodu 5.: „*propůjčovati důlní vody (§ 129 o.h.z.).“.*

Postavení důlních vod bylo vymezeno i v československém horním zákoně č. 41 z roku 1957, o využití nerostného bohatství (horní zákon), tj. ještě před působností vodního zákona č. 138/1973 Sb., a to v § 40 odst. 1, kde bylo uvedeno, že:

„Organizace je oprávněna

a) užívat povrchové a podzemní vody za podmínek stanovených příslušným vodohospodářským orgánem,

b) bezplatně užívat důlní vody pro vlastní potřebu, po případě jako náhradního zdroje pro potřebu těch, kteří byli poškozeni ztrátou vody vyvolanou její činností,

c) odvádět nespotřebovanou důlní vodu a vypouštět ji do povrchových, po případě podzemních vod, je-li to nutné i přes cizí pozemky; způsob a podmínky stanoví příslušný vodohospodářský orgán.“.

V odst. 2 tohoto § je pojem „důlní vody“ vymezen obdobným způsobem jako v současně platném horním zákoně. Pouze úloha vodohospodářského orgánu byla zvýrazněna tím, že těžební organizace byla oprávněna „*užívat povrchové a podzemní vody za podmínek stanovených příslušným vodohospodářským orgánem*“ (viz odst.1 písm. a).

Základní legislativní normou vymezující pojem „důlní vody“, která v současné době je platnou, je horní zákon z roku 1988, který v § 40 vymezuje důlní vody následujícím způsobem:

„(1) Důlními vodami jsou všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.

(2) Organizace je při hornické činnosti oprávněna :

a) bezúplatně užívat důlní vody pro vlastní potřebu,

b) bezúplatně užívat na základě povolení vodohospodářského orgánu důlní vodu jako náhradní zdroj pro potřebu těch, kteří byli poškozeni ztrátou vody vyvolanou činností organizace,

c) vypouštět důlní vodu, kterou nepotřebuje pro vlastní činnost, do povrchových, popřípadě do podzemních vod a odvádět ji, pokud je to třeba, i přes cizí pozemky způsobem a za podmínek stanovených vodohospodářským orgánem a orgánem ochrany veřejného zdraví.

(3) Při použití důlních vod podle odstavce 2 písm.a) a b) je organizace povinná pečovat o důlní vody a hospodárně je využívat. Použití důlních vod k jiným účelům upravují zvláštní předpisy.

(4) K vypouštění jiných vod do důlních vod je třeba povolení vodohospodářského orgánu vydaného po dohodě s obvodním báňským úřadem.“.

2.2 Příčiny mnohotvárnosti pojmu „důlní vody“

Důlní vody vznikají většinou jako výsledek různých poměrů míšení přírodních i antropogenních (umělých) zdrojů nebo které jsou součástí těžené suroviny, popř. jsou v podstatě pouze transportním médiem. Jsou tedy převážně vodami směsnými, vodami se změněným chemismem, ať již v důsledku vyvolaného proudění, vlivem snížení původního tlaku, odplynění, vlivem zdržení ve starých důlních dílech apod.

To, že důlní vody jsou v podstatě podzemními a povrchovými vodami, jejichž vznik způsobila lidská činnost, se velmi výrazně odráží v právní úpravě jejich posuzování a

nakládání s nimi. Tato skutečnost se dotýká jak horního, tak i vodního zákona - včetně z nich vyplývající další legislativy. V současné době však v některých případech absentuje jejich větší vzájemná provázanost.

Právně zůstává nedořešeno postavení důlních vod v době po ukončení hornické činnosti, tj. po ukončení likvidace dolu, lomu, popř. hliniště. Je zřejmé, že i v tomto období zůstávají důlní vody důlními vodami, protože § 40 odst. 1 horního zákona sice jejich existenci na hornickou činnost váže, ale časově neomezuje. To však není tak jednoznačné v případě dispozičních práv organizace s důlními vodami podle § 40 odst. 2 horního zákona.

Podle R. Makaria (1999) nelze ze zákona vyvodit, zda organizace po ukončení hornické činnosti má i nadále právo bezúplatně užívat důlní vodu jako náhradní zdroj či vypouštět důlní vodu do povrchových, popř. do podzemních vod a odvádět ji, pokud je to třeba i přes cizí pozemky. V prvním případě nutno vycházet ze skutečnosti, že tento náhradní zdroj vody byl vytvořen v době, kdy organizace hornickou činnost vykonávala a ztrátu vody jako důlní škodu způsobila. Vypouštění důlní vody do povrchových, popř. podzemních vod a jejich odvádění lze jen velmi těžko vázat na provádění hornické činnosti. Je podstatné, že tyto důlní vody začala organizace vypouštět v době, kdy hornickou činnost vykonávala, a že splnila podmínky, které stanovil vodohospodářský orgán a orgán hygienické služby.

Žádné ustanovení horního zákona se přímo nedotýká problému volného vytékání (nikoli řízeného vypouštění, popř. čerpání) důlních vod ze starých důlních děl po zániku těžební organizace, jakož i jeho právního nástupce. R. Makarius (1999) dovozuje se, že:

- vytéká-li voda z vyrubaného či zavaleného prostorů hlubinných dolů, jde o důlní prostory, a tudíž i důlní vodu, a to do jejich spojení se stálými povrchovými či podzemními vodami, a to i v případě, že protékají (prosakují) přes odval či výsypku,

- pokud došlo k ukončení hornické činnosti, zrušení dobývacího prostoru, zaniklo těžební organizaci oprávnění k dobývání (dle § 24 odst. 1 horního zákona) a též k následnému novému využití důlních děl a lomů, nelze již tyto vydobyté prostory pokládat za hlubinné nebo povrchové důlní prostory, a proto ani vody, které vnikají do těchto prostor nelze považovat za důlní vody podle § 40 odst. 1 horního zákona. “.

Dle stanoviska ČBÚ č.j. 3111/97 ze dne 23.9.1997 v případě, že „...vodoteč protéká stanoveným dobývacím prostorem nebo plochou, na kterou je stanoven POPD a nevnikla do důlních prostorů, nepovažuje se voda ve vodoteči za důlní vodu. “. Pokud však, např. v důsledku těžební činnosti, sesuvu těžebního řezu aj. „... povrchová voda vnikla do důlního prostoru resp.

do „prostoru těžby“, tedy do prostoru, který vznikl hornickou činností, považuje se tato voda za důlní vodu ve smyslu § 40 odst. 1 zákona, a to bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody“.

Podle stanoviska ČBÚ č.j. 2988/97 ze dne 7.8.1997 lze u odkališť hovořit o důlní vodě pouze v případě, že voda „...přiváděna do tohoto odkaliště je voda čerpána z důlního prostoru“, tj. ze všech druhů důlních děl, dále pak vyrubaných a zavalených nebo založených prostorů v hlubinných dolech, prostoru po vytěženém ložisku šterkopísku nebo lomu apod. Může to být i voda potřebná v procesu úpravy nerostů, který je obvykle zakončen odkalištěm, jako posledním stupněm odkalování technologické vody před jejím dalším, popř. opětovným použitím nebo před jejím vypuštěním. Rozhodující je tedy zařazení odkaliště jako vodohospodářské stavby (jedná se o stavbu, nikoliv o důlní prostor) do technologického procesu dobývání a navazující úpravy surovin. Taková voda stále zůstává důlní vodou, až do jejího spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.

Dle stanoviska ČBÚ č.j. 2053/97 ze dne 21.5.1997 plyne, že „využívání důlní vody při činnosti prováděné hornickým způsobem (dle § 3 písm. a) zákona č. 61/1988 Sb.) horní zákon zvlášť neupravuje“. Je tedy nutno postupovat podle obecných předpisů, např. zákon č. 138/1973 Sb., o vodách. V tomto případě je nutné k využívání důlní vody povolení příslušného vodohospodářského orgánu.“.

Je-li např. využívána geotermální voda pro svou tepelnou energii a následně je vtláčena zpět do horninového prostředí s úmyslem se ji zbavit, nikoli za účelem její ohřátí a dalšího využití, pak podle stanoviska ČBÚ č.j. 3725/94 ze dne 7.10.1994: „... se nejedná o důlní vodu a je nutno s ní nakládat ve smyslu zákona č. 238/1991 Sb., o odpadech, jako na odpad a nakládat s ní v souladu s tímto zákonem. V tomto případě se jedná o zvláštní zásah do zemské kůry podle § 34 odst. 1 písm. b) horního zákona, který povoluje obvodní báňský úřad.“.(Grmela, Blažko, 2004)

2.3 Stará důlní díla

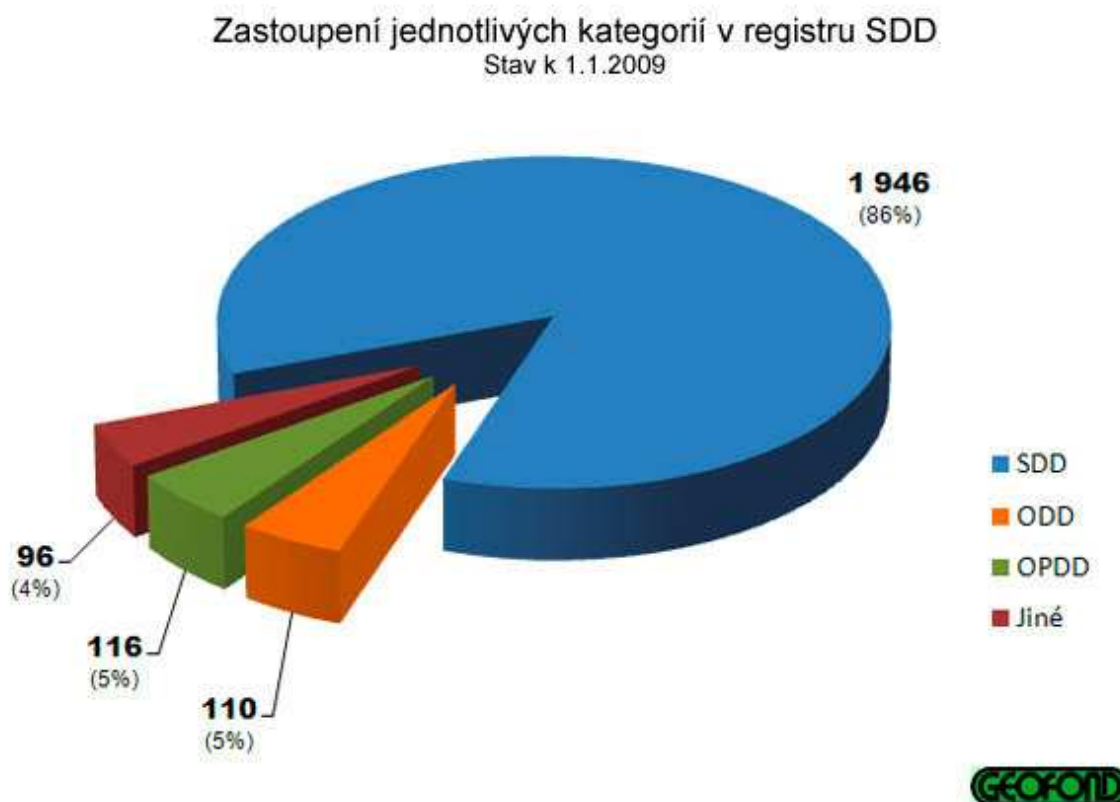
Česká geologická služba - Geofond je pověřena Ministerstvem životního prostředí (dále jen MPŽ) vést **registr starých důlních děl** ve smyslu [§ 35 ČNR č.44/1988 Sb.](#), o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů a [§§ 1, 2 vyhlášky MŽP ČR č.363/1992 Sb.](#), o zjišťování starých důlních děl a vedení jejich registru.

Starým důlním dílem se podle tohoto zákona rozumí důlní dílo v podzemí, které je opuštěno a jehož původní provozovatel ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám. Podle úpravy platné od roku 2002 je starým důlním dílem také opuštěný lom po těžbě vyhrazených nerostů, jehož původní provozovatel ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám. Oznamovací povinnost je **všeobecná**, což je uvedeno v odst. 4 tohoto zákona (*"Kdo zjistí staré důlní dílo nebo jeho účinky na povrch, oznámí to bezodkladně ministerstvu životního prostředí České republiky."*). V §1, odstavci 2 výše uvedené prováděcí vyhlášky se uvádí, že *"v oznámení starého důlního díla nebo jeho účinků na povrch se uvede místo a čas zjištění a stav nebo rozsah poškození povrchu, například velikost propadliny"*.

Do registru starých důlních děl jsou zařazována všechna došlá oznámení. V rámci jednotlivých oznámení může být uvedeno i více důlních děl (objektů). Vlastní registr je veden formou složek, obsahujících záznamový list, výřez mapy s lokalizací díla, vyjádření ČGS-Geofondu pro MŽP, veškerou korespondenci a další související materiály. K registru patří i tzv. dokladová část, zahrnující plány zabezpečení, závěrečné technické zprávy a další pomocné zprávy a posudky. Tyto materiály jsou uloženy pod samostatnými signaturami v archivu ČGS-Geofondu. Následným šetřením ČGS-Geofondu jsou ohlášené objekty zařazeny do příslušných kategorií.

Rozlišují se:

- **stará důlní díla** (SDD) dle definice v [§ 35](#) horního zákona,
- **opuštěná průzkumná důlní díla** (OPDD), provozovaná ze státních prostředků v rámci geologického průzkumu, která nebyla po ukončení prací předána těžbě,
- **opuštěná důlní díla** (ODD), díla mimo provoz, která mají svého majitele nebo jeho právního nástupce,
- **ostatní objekty** (jiné), většinou podzemní prostory, které byly vyraženy za jiným účelem než pro těžbu a průzkum nerostných surovin.



Obrázek 1 - Zastoupení jednotlivých kategorií v registru SDD

3. Charakteristika ostravsko-karvinského revíru

Hornoslezská pánev, zasahující z polské části Slezska svým jihozápadním výběžkem na území České republiky, je naší největší černouhelnou pánví.

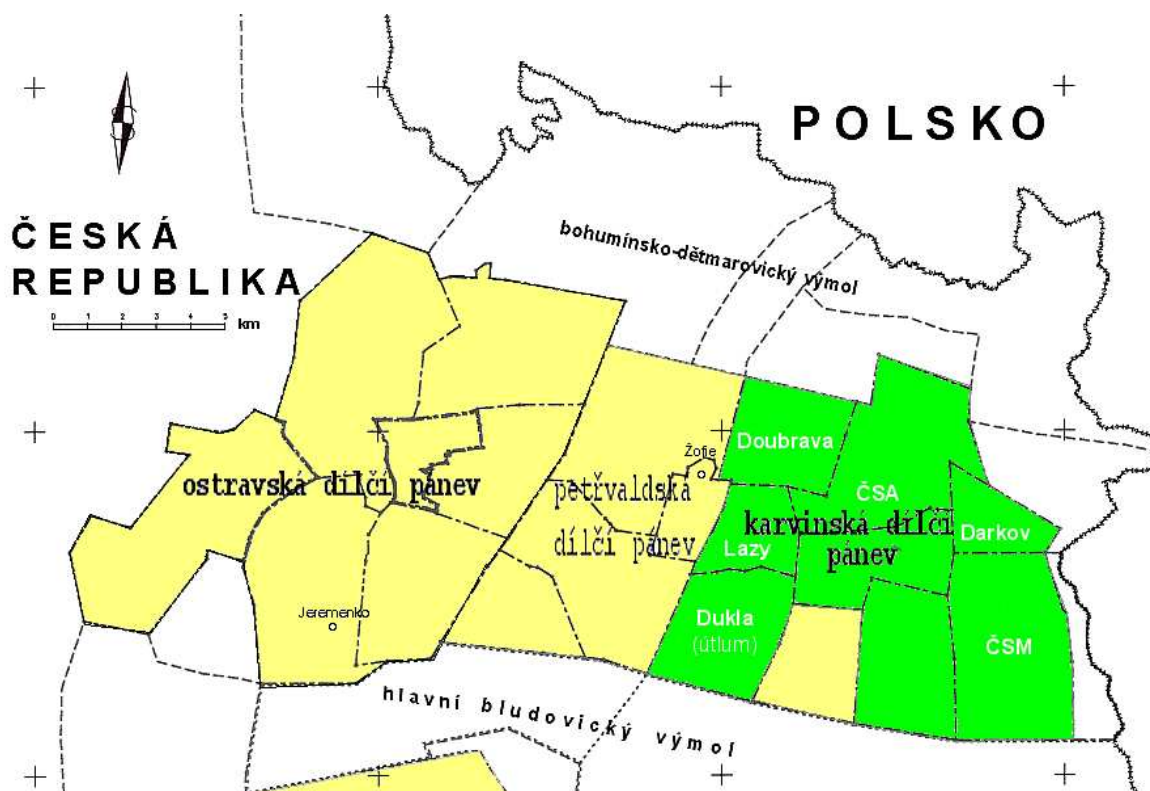
Výplň pánve se skládá z klastických svrchnokarbonských sedimentů se slojemi černého uhlí. Jižní omezení pánve není zcela jasné.

Většina pánve je skryta pod sedimenty karpatské předhlubně a flyšovými příkrovy Západních Karpat.

Výběžek hornoslezské pánve na našem území se dělí na severnější část **ostravsko – karvinskou** a jižnější část **podbeskydskou**. Provozně se severní část označuje jako **Ostravsko – karvinský revír (OKR)**.

Ostravsko – karvinský revír je složen ze tří dílčích pánví, a to ostravské (dále jen ODP), petřvaldské (PDP) a karvinské (KDP). ODP je situována západně od michálkovické

poruchy, PDP mezi michálkovickou a orlovskou poruchou a KDP se nachází východně od orlovské poruchy.



Obrázek 2 - Situace dílčích pánví v OKR (Zdroj: Grmela et al., 2009)

Stratigraficky se dělí svrchní karbon hornoslezské pánve na souvrství ostravské a karvinské.

Ostravské souvrství o max. mocnosti až 3200 m představuje paralicovou uhlonosnou molasu, tj. uloženiny střídavého kontinentálního a mořského režimu usazené po hlavní fázi variského vrásnění. Ostravské souvrství se vyznačuje velkým počtem slojí (téměř 500), které však mají většinou malou mocnost. (Chlupáč et al. 2002),

„V nadloží ostravského souvrství je souvrství karvinské, které dosahuje mocnosti až přes 1000 m. Jeho plošné rozšíření je však menší, neboť tvoří jen denudační zbytky v karvinské, frenštátské a jablunkovské části pánve. Uhlenné sloje jsou méně početné, ale mají větší průměrnou mocnost (180 cm- Chlupáč et al, 2002).

Veškeré činné doly v ostravské a petřvaldské dílčí pánvi byly zlikvidovány. Činné doly v karvinské dílčí pánvi jsou:

(VOJ = výrobně organizační jednotka) závody :

OKD, a.s., Voj Důl Karviná	Závod ČSA, závod Lazy
OKD, a.s., Voj Důl Darkov	Závod 2 a 3
OKD, a.s., Voj Důl ČSM	Závod ČSM Jih, závod ČSM Sever

3.1 Akumulace důlních vod

Likvidace hlubinných dolů v české části hornoslezské pánve (dále jen ČHP) byla provedena jejich přirozeným zatopením po předchozím ukončení hornických prací. Ze zatopených dolů ODP a PDP jsou čerpány důlní vody, které by přesáhly stanovenou výšku hladiny v podzemí. Tato úroveň hladiny je stanovena pro každou dílčí pánev tak, aby důlní vody nemohly nekontrolovatelným únikem ohrozit činné doly v KDP. Skrytý volný výtok do mělkých podzemních vod ze stařin likvidovaného dolu je pouze v případě bývalého Dolu Staříč, závod Paskov.

Objem akumulace důlních vod v likvidovaných dolech je dán především objemem vyražených důlních děl a vytěžené suroviny v rámci dobývacích prací pod stanovenou hladinou důlních vod.

Charakteristika důlních vod na ložiscích s ukončenou těžbou (Bartoš, Grmela, 2008)			
Lokalita	Objem vod v podzemí (mil. m³)	Čerpané množství (l/s)	Teplota důlní vody (°C)
ostravská dílčí pánev	23,87	165	26
petřvaldská dílčí pánev	3,63	37,5	25

Tab.1 Charakteristika důlních vod na ložiscích s ukončenou těžbou

3.2 Teplota důlních vod

Teplota důlních vod je určena teplotou horninového masivu, tedy tepelným tokem v dané oblasti.

Skutečná teplota je dána geotermickým stupněm v dané lokalitě, hloubkovým rozsahem zatopených důlních děl a případným prouděním vod v zatopeném dole.

Teplota vytékající vody pak závisí na způsobu řešení vyvádění vod z dolu, na tom, zda je vyvolána výraznější cirkulace (míšení) vod v podzemí.

3.3 Důlní vody po ukončení těžby

Kvalita důlních voda se mění a tato změna se projevuje až s určitým zpožděním, protože naplňování stařin zatápěného dolu probíhá současně s postupným zánikem podílu některých zdrojů. Mění se rovnice vodní bilance dolu a některé její členy zanikají nebo mají výrazně jiné hodnoty.

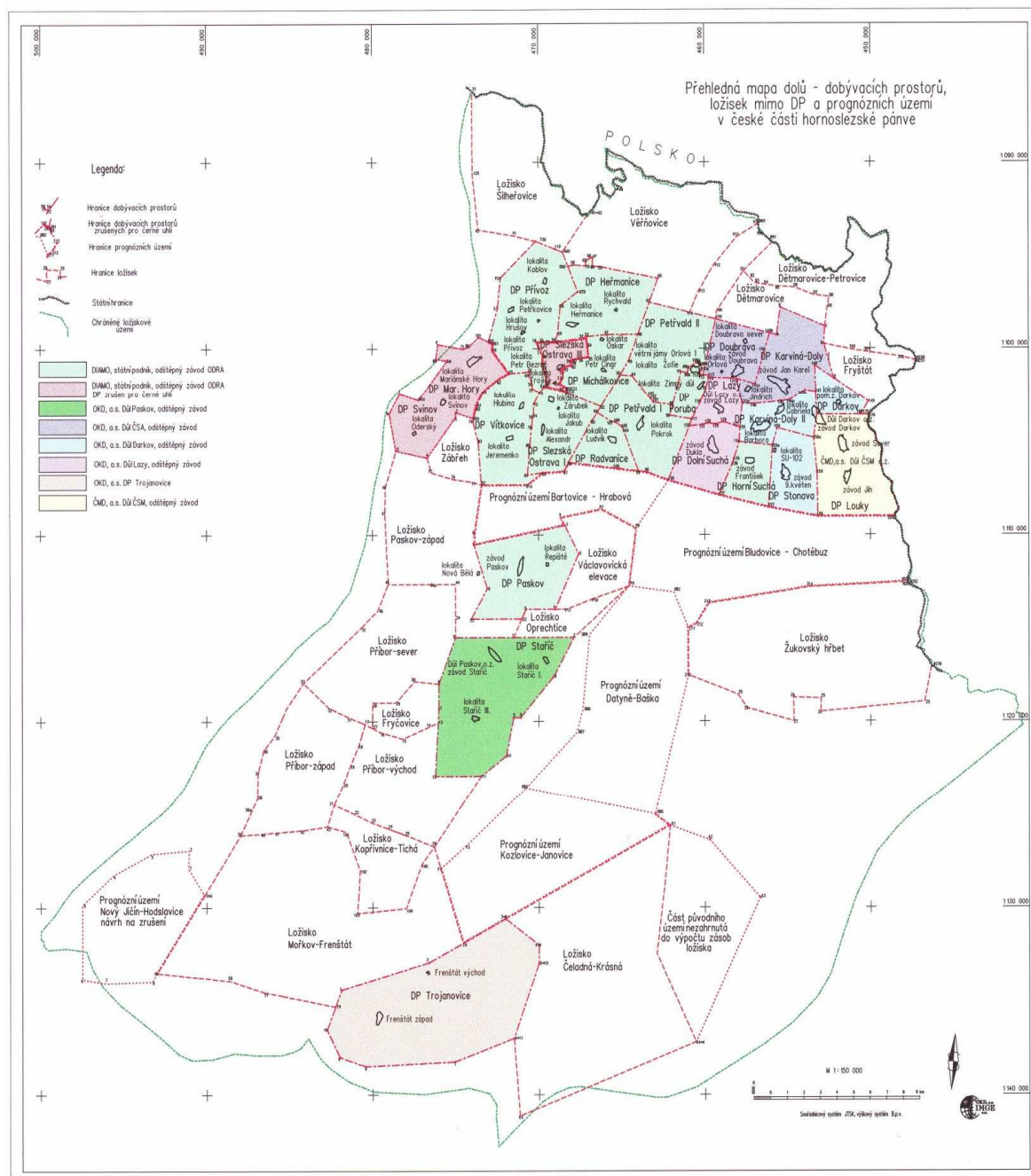
$$Q_{\text{výtok, čerpání}} = Q_{\text{přírodní zdroje}} \pm Q_{\text{ztráty}}$$

3.4 Čerpání důlních vod v OKR

Dílčí pánve OKR tvoří spojitý hydraulický systém, na vtoku i výtoku otevřený.

Otevřený je systém díky existenci tzv. karbonských oken. To jsou místa, kde produktivní karbon vychází na povrch terénu. Dále je otevřený díky plochám, kde produktivní karbon není kryt nepropustnými miocénními nebo málo mocnými jíly a jílovci a tvoří přímé podloží kvartérních sedimentů.

Přes karbonská okna infiltrují vody z povrchových vodotečí a část atmosférických srážek do činných důlních a stařinných děl. Přes plochy s absencí miocénu mohou do důlních děl infiltrovat podzemní vody z kvartéru, pokud je zvodněný.



Obrázek 3 - Situace karbonských oken v OKR (Zdroj: Grmela et al., 2009)

Přítok vody z přírodních zdrojů do důlních děl ODP a PDP pokračuje dále i po likvidaci dolů v těchto dílčích pánvích. Pro zajištění ochrany činných dolů v KDP před přítoky je třeba čerpat z likvidovaných dolů ostravské a petřvaldské dílčí pánve přítoky vod ze stařin bývalých dolů a udržovat v likvidovaných dolech hladinu důlní vody pod nejnižšími propojeními do sousedních dílčích pánví.



Obrázek 4 - Schéma hydraulického propojení ostravského a oderského bazénu (Zdroj: Grmela et al., 2009)

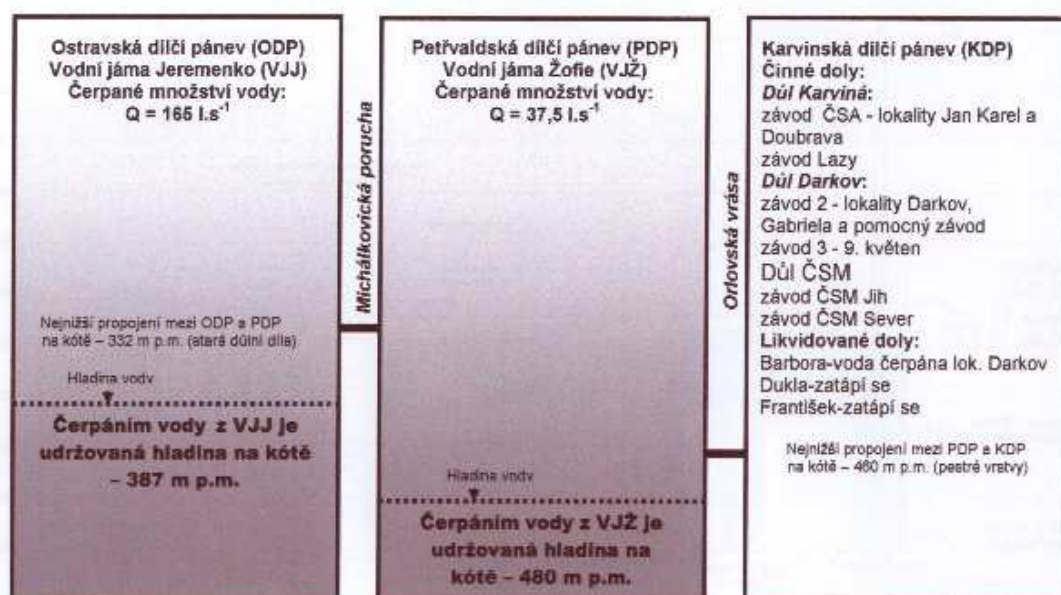
Byla vypracována koncepce svedení důlních vod ze všech dolů ostravské dílčí pánve na Vodní jámu Jeremenko a Vodní jámu Žofie, kde byly vybudovány čerpací stanice.

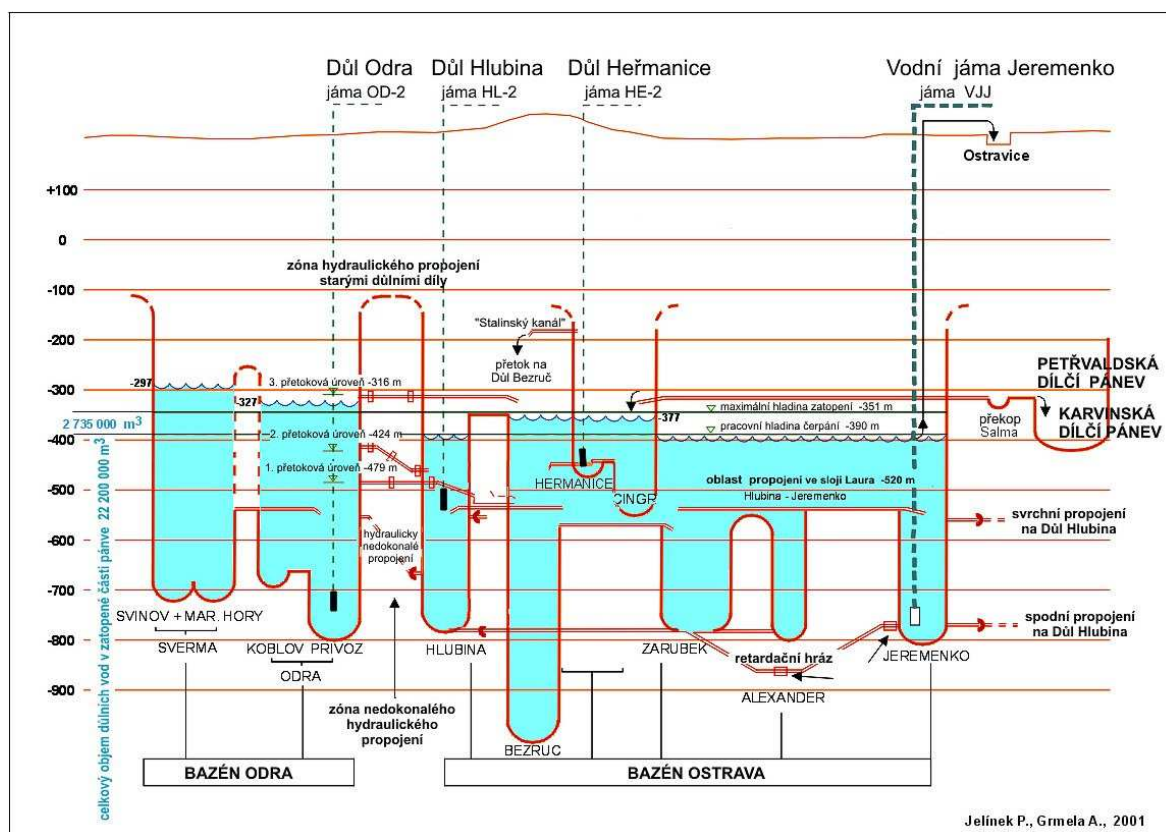
3.5 Zatápění dílčích pánví OKR

V obou dílčích pánvích jsou hladiny vod udržovány na úrovních, které jsou pod díly propojujícími pánve. Tím se zabrání neřízeným přetokům důlních vod z opuštěných dolů ostravské a petřvaldské dílčí pánve do karvinské dílčí pánve.

Ze strany ODP a PDP nepřetéká do karvinské dílčí pánve žádná voda.

Obrázek 5 - Schéma dílčích pánví v OKR (stav k roku 2009 – Zdroj: Grmela et al., 2009)





Obrázek 6 - Schéma hydraulického propojení ostravského a oderského bazénu důlními díly ODP (Zdroj: Grmela et al., 2009)

Ostravská dílčí pánev:

Z Vodní jámy Jeremenko (dále jen VJJ) je čerpáno v současné době cca 165 l.s^{-1} (Jelínek P., archiv DIAMO, s.p.). Byla stanovena úroveň hladiny -385 m p. m (tj. 620 m pod povrchem).

K čerpání důlních vod jsou použita 2 ponorná čerpadla KSB typ UPZ 180-440/10 vyrobená v Německu. Výkon každého čerpadla je $0,174 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Voda je následně vypouštěna do povrchového toku – Ostravice.

Důlní vody čerpané na VJJ jsou sodnochloridového typu s celkovou mineralizací dosahující dnes cca 11 g.l^{-1} a se zvýšeným obsahem síranů ($0,6 \text{ g.l}^{-1}$).

Po zastavení čerpání důlních vod na likvidovaných dolech by přítoky miocénních, kvartérních a povrchových vod do důlních prostor zaplavily důlní díla.

Mezi základní sledované kvalitativní parametry důlních vod patří celková mineralizace, obsahy SO_4^{2-} , Cl^- , Fe^{2+} a Fe^{3+} .

Hladina vody se udržuje mezi -389,5 až -371,5 m p. m., tedy asi 55 m pod nejnižším propojením stařinnými důlními díly přes michálkovickou poruchu do petřvaldské dílčí pánve.

Petřvaldská dílčí pánev:

Objem čerpané vody z Vodní jámy Žofie je cca 37,5 l.s⁻¹ (Jelínek P., archiv DIAMO, s.p.). Tím se hladina vody udržuje na kótě -480 m p. m, což je cca 20 m pod bázi pestrých vrstev (zvětráváním narušená část produktivního karbonu s pseudokrasovou propustností).

Karvinská dílčí pánev:

V karvinské dílčí pánvi se v současné době čerpá na pěti hlavních čerpacích stanicích (HČS):

1. HČS na lokalitě Jan Karel závodu ČSA Dolu Karviná
2. HČS na závodě Lazy Dolu Karviná
3. HČS na lokalitě Darkov závodu 2 Dolu Darkov
4. HČS na závodě Sever Dolu ČSM
5. HČS na závodě Jih Dolu ČSM

Důlní vody KDP jsou také sodnochloridového typu a celková mineralizace je značně proměnlivá v závislosti na variabilitě podílu přítoků z přírodních zdrojů.

3.6 Přírodní zdroje přítoků důlních vod

Mezi přírodní zdroje důlních vod patří:

- vody z povrchových toků a z kvartérních zvodní,
- vody zvodní spodnobádenského pokryvu karbonu:
 - z písčitých poloh pelitické facie spodního bádenu,
 - z bazálních klastik spodního bádenu (tzv.detrit),
- vody puklinových systémů zvětralinového pláště karbonu (včetně tzv.“pestrých vrstev“)
- vody puklinových a zlomových systémů svrchního karbonu a průlinové (tzv. karbonské vody).

Mezi antropogenně ovlivněný zdroj důlních vod patří vody různého původu a vody zdržené ve starých důlních dílech (tzv. stařinové vody).

4. Analýza možností využití důlních vod

4.1 Geotermický stupeň, geotermický gradient

Geotermický stupeň vyjadřuje závislost zvyšování teploty hornin s hloubkou. Geotermický stupeň je přírůstek teploty na 1 m hloubky. Je převrácenou hodnotou geotermického gradientu.

Hodnota geotermického stupně se pomalu mění do hloubky 200 – 300 m, rychle mezi 300 – 800 m, po 800 m je téměř neměnná. Mění se také plošně. Pro OKD je jeho hodnota 33 m/1°C, geotermický gradient je 0,03°C/m.

4.2 Geotermální energie

Slovo geotermální má původ v řeckých slovech: geo (země) a therme (teplo). Geotermální energie je projevem tepelné energie zemského jádra.

Využívá se pro vytápění a výrobu elektrické energie v geotermálních elektrárnách. Toto využití je technicky náročné, horká voda je většinou silně mineralizovaná a zanáší potrubí.

Mezi země, které tuto energii používají nejvíce k vyhřívání domů, skleníků a veřejných budov patří Island.

Dále je využívána na Novém Zélandě, v Německu, ve Velké Británii, Francii a USA. První elektrárna na využití geotermální energie byla otevřena už v roce 1904 v Itálii.

Zdrojem geotermální energie jsou většinou oblasti s velkým tepelným tokem, např. Island. Toto využití v České republice není možné. V Česku je využíváno teplo horninového masívu pro tepelná čerpadla.

Jednou z možností je i využití důlních vod. Ideální jsou pro toto příbramské uranové doly (jejich hloubka dosahuje až 1600m). Jejich zatopení bude však hotovo až za několik let.

V současné době je využíváno teplo z důlních vod v Jáchymově a Ostravě.

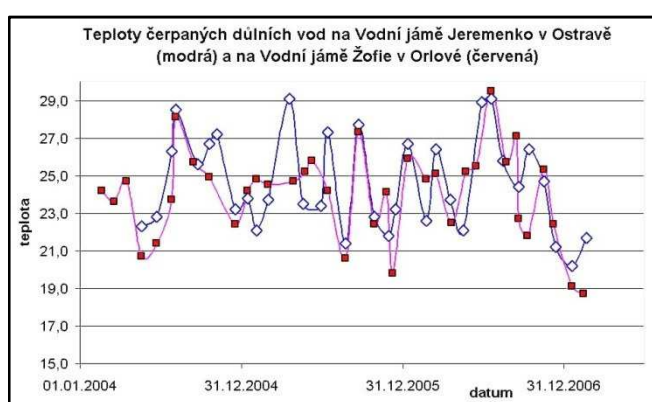
4.3 Využití geotermální energie důlních vod

Využití geotermální energie důlních vod patří k efektivním způsobům získání energie. Cílem je snížení zatížení ovzduší exhalacemi při získávání tepelné energie z fosilních paliv a hlavně úspora neobnovitelných energetických surovin.

Využití geotermální energie závisí na zdroji tepelné energie, způsobu jeho jímání a druhu média, které transportuje teplo do místa jeho praktického využití.

Důlní prostory hlubinných dolů představují ideální retenční prostředí termálních vod. Je zde zajištěna stabilita kvalitativní (chemické složení důlních vod a teplotní variační rozpětí) a kvantitativní (retenční objem důlních vod).

Teplota vody v zatopeném dole není konstantní, v hlubších horizontech je vyšší a tzv. hladinová voda je chladnější. Výtok důlních vod je také zpravidla soustředován do jednoho místa, které je určeno hlavně morfologií terénu, situováním důlního díla a vodoteče, do které je důlní voda vypouštěna.



Obrázek 7 - Graf režimu teplot čerpaných důlních vod VJJ a VJŽ (Bartoš, Grmela, 2008)

Na grafu je zobrazen režim teplot čerpaných důlních vod z VJJ (modrá čára). Pro srovnání je zobrazen i režim teplot čerpaných důlních vod z VJŽ (červená čára). Z grafu je patrný značný stupeň korelace obou režimů. To dokládá, že režim teploty je nezávislý na geologické struktuře a režimu čerpání, ale dominantně na teplotě vod dotujících systém.

4.4 Princip práce tepelného čerpadla

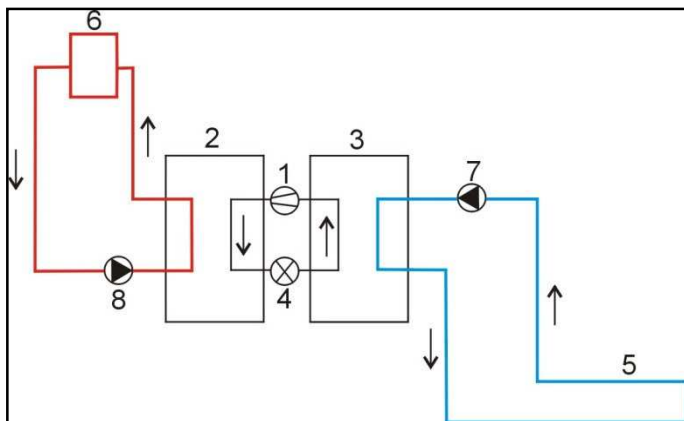
Úkolem tepelného čerpadla je akumulace nízkoteplotní energie, zvýšení její teploty do úrovně umožňující její účelné využití, např. na vytápění budov. Tok tepla se odebírá vždy z centra s vyšší teplotou do centra s nižší teplotou.

Tepelné čerpadlo je zařízení, které slouží k přenosu tepla z nižší energetické hladiny na vyšší úroveň na úkor mechanické práce, elektrické energie nebo tepla. Užitečné teplo, tzn. energie převedení na horní zdroj (Q_g), je součtem energie získané z nižšího zdroje (Q_d) a přidané energie (L), která pro většinu technických řešení je energií elektrickou, používanou k pohonu kompresoru.

Princip činnosti tepelného čerpadla je analogický s principem činnosti ledničky, rozdíl spočívá pouze v opačném směru přepravy tepelného toku. U chladících zařízení je přeprava tepelného toku uskutečňována z chladícího prostoru, kde dochází k ochlazení z 22°C na -4°C

uvnitř uzavřeného prostoru, který se ohřívá kvůli své vysoké tepelné kapacitě. U tepelného čerpadla probíhá transport v opačném směru.

4.4.1 Schéma zapojení tepelného čerpadla



Obrázek 8 - Schéma zapojení tepelného čerpadla (Lacka., Piekarsk., 2010)

Dolní (vstupní) větev systému [5] odebírá teplo z nízkoteplotního zdroje (hornina, voda ...). Ve výparníku [3] je teplo z větve [5] předáno chladivu, které přechází v páru o nízkém tlaku. Chladivo v plynném stavu je stlačeno kompresorem [1] a poté vpuštěno do kondenzátoru [2]. Zde odevzdá své skupenské teplo do výstupní větve [6]. Zkondenzované chladivo projde expanzní tryskou [4] zpět do výparníku [3], kde skupenské teplo (při nižším tlaku a teplotě) přijme a odpaří se. Poté opět pokračuje do kompresoru [1] a cyklus se opakuje. Směr proudění medií je řízen usměrňovacími ventily (čerpadly) [7] a [8].

Tepelné čerpadlo (dále TČ) se skládá ze dvou částí: výparníku a kondenzátoru. Nízkopotenciální teplo se ze zdrojů k tepelnému čerpadlu odčerpává pomocí vloženého okruhu nositelů tepla, kterými bývají voda nebo nemrznoucí směs (solanka, etylakohol, nebo glykoly). U zdrojů, kde je to technicky možné, se prostředník vynechává a vnější médium vstupuje přímo do výparníku tepelného čerpadla. Vložený okruh znamená ztrátu na účinnosti přečerpávání tepla. (Lacka, Piekarski, 2010)

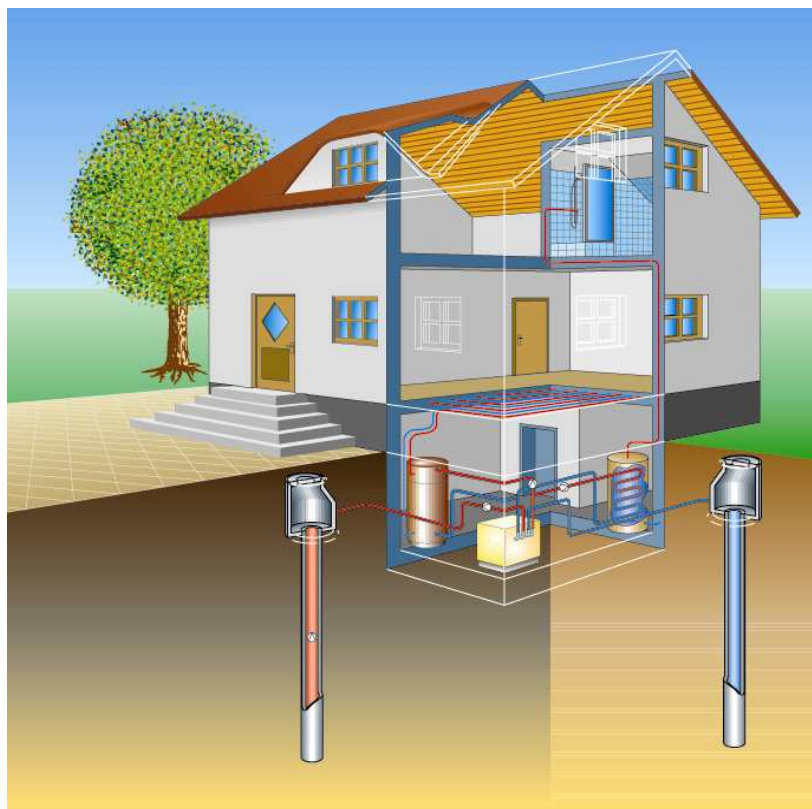


Obrázek 9 - Funkce tepelného čerpadla (Zdroj: <http://www.mastertherm.cz/princip-tepelneho-čerpadla>)

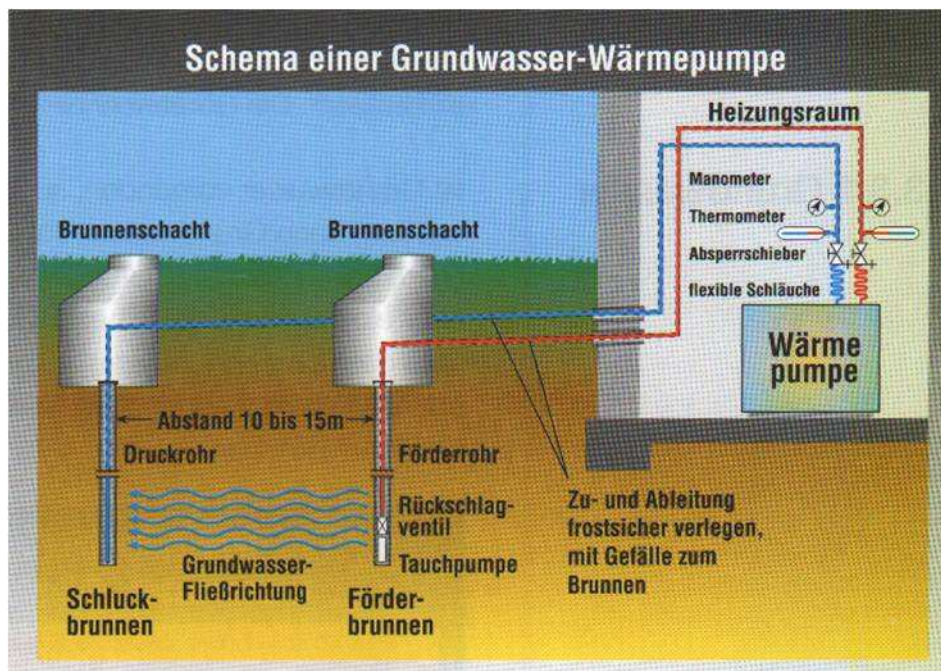
4.4.2 Typy čerpadel

Čerpadlo typu voda – voda

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z vody čerpané z vrtu. Po ochlazení o 4°C vodu vrací do druhého vsakovacího vrtu. Vrty se většinou vrtají do hloubky 10 – 25 m. Vzdálenost vrtu pro čerpání a vsakovacího vrtu je minimálně 15 m. Předpokladem pro využití podzemní vody jsou příznivé hydrogeologické podmínky v místě odběru a délka transportu.



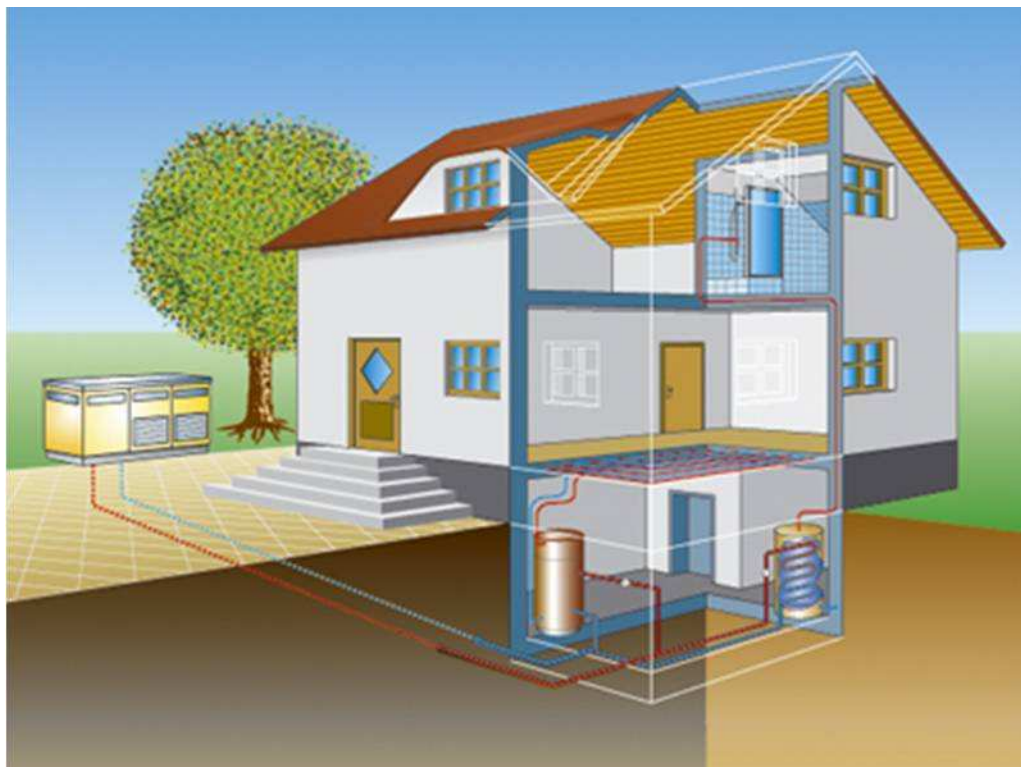
Obrázek 10 - Tepelné čerpadlo typu voda - voda (Lacka., Piekarsk., 2010)



Obrázek 11 - Schéma vrtu a tepelného čerpadla (Lacka., Piekarsk., 2010)

Čerpadlo typu vzduch – voda

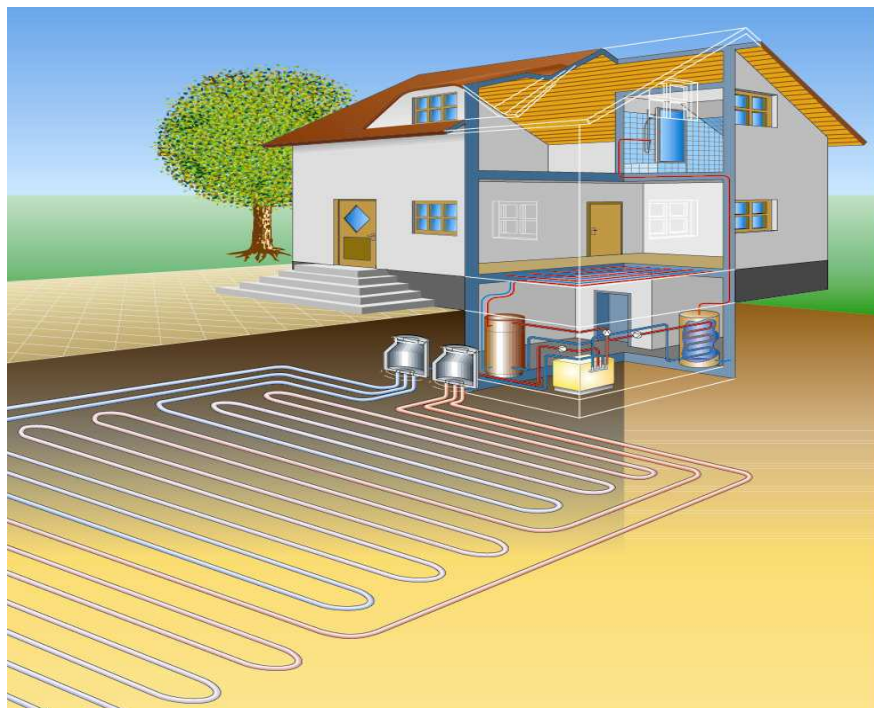
Tepelná energie je získávána ochlazováním vzduchu. Vnější jednotkou (výparník s ventilátorem) umístěnou venku je nasáván vzduch, ze kterého je odebírána tepelná energie a tento vzduch je opět (ochlazený) vyháněn do venkovního prostoru. Získané teplo je použito pro ohřev vody.



Obrázek 12 - Tepelné čerpadlo typu vzduch – voda (Lacka., Piekarski, 2010)

Čerpadlo typu země – voda

Tepelné čerpadlo odebírá teplo ze země prostřednictvím do země uložených horizontálních kolektorů nebo vrtů hlubokých 60 až 100 m. Přenos tepla mezi zemí a tepelným čerpadlem zprostředkovává nemrznoucí směs proudící v plastovém potrubí, které je uloženo ve vrtech.



Obrázek 13 - Tepelné čerpadlo typu země – voda (Lacka., Piekarski, 2010)



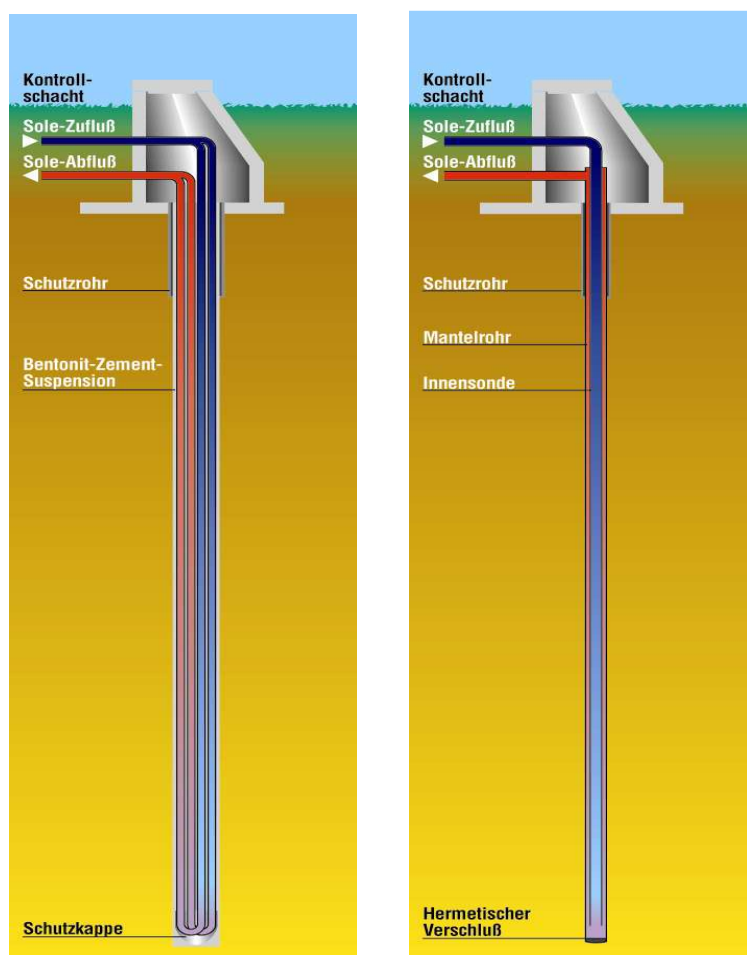
Obrázek 14 - Tepelné čerpadlo (Lacka., Piekarski, 2010)

4.4.2.1 Kolektory

Kolektor se skládá z několika úseků potrubí o průměrné délce cca 100 m. Potrubí je většinou vyrobeno z polyethylenu, o vnějším průměru 25 nebo 32 mm. smyčky kolektoru jsou umístěny v hloubce asi 1,5 m. Vzdálenost mezi trubkami by měla být 50 – 80 cm.

4.4.2.2 Studny

Studny jsou jedním z nejjednodušších řešení pro menší zdroj tepla pro čerpadlo. Systém se skládá ze dvou studní: první slouží k odběru podzemní vody a druhá k absorpci chlazené vody, která teče z tepelného čerpadla. Studny musí být od sebe vzdáleny minimálně 15 m.



Obrázek 15 - Schéma studny (Lacka., Piekarski, 2010)

4.4.3 Výkonnost čerpadla

Koeficient výkonnosti (COP = coefficient of performance) tepelného čerpadla je poměr počtu získaných jednotek energie k jedné jednotce elektřiny dodané. Hodnota koeficientu výkonnosti se většinou pohybuje od 3 do 5 podle toho, při jakých podmínkách tepelné čerpadlo pracuje. Čím nižší je výstupní teplota, tím vyšší je koeficient výkonnosti.

Pro využití tepelné energie důlních vod existují čtyři technická řešení, příp. jejich kombinace.

a) Odběr důlní vody pro tepelné čerpadlo v místě, kde je důlní voda řízeně vyváděna z podzemí.

b) Odběr důlní vody pro tepelné čerpadlo v samostatném odběrném místě pouze pro tyto účely.

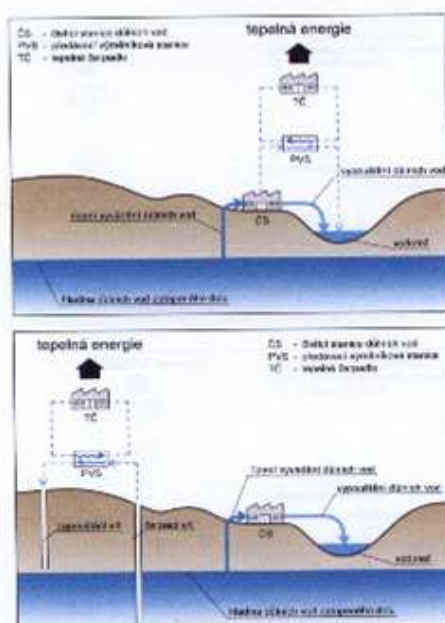


Schéma 1 :

odběr důlní vody pro tepelné čerpadlo v místě, kde je důlní voda řízeně vyváděna z podzemí,

Schéma 2 :

odběr důlní vody pro tepelné čerpadlo v samostatném odběrném místě pouze pro tyto účely.

(in Michálek a kol., 2007)

Obrázek 16 - Schéma odběru důlní vody (Zdroj: Bartoš, Grmela, 2008)

c) Odběr a zpětné zapouštění důlní vody do zvodněného systému jiným objektem.

d) Odběr a zpětné zapouštění důlní vody do zvodněného systému stejným objektem.

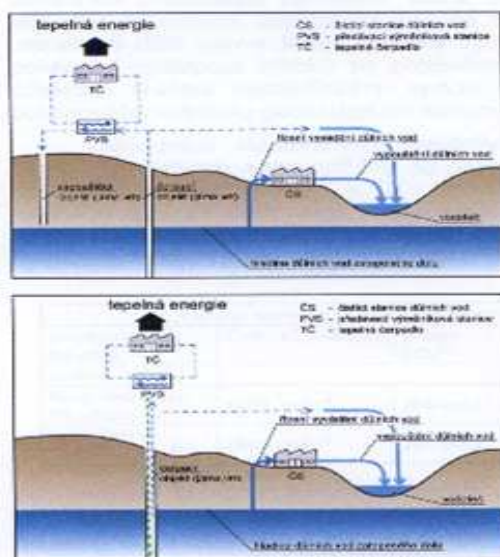


Schéma 3 :

odběr a zpětné zapouštění
ní důlní vody do zvodně-
ného systému jiným
objektem (přebytek likvi-
dován vypouštěním do
vodoteče)

Schéma 4 :

odběr a zpětné zapouštění
ní důlní vody do zvodně-
ného systému stejným
objektem (přebytek likvi-
dován vypouštěním do
vodoteče)

Obrázek 17 - Schéma odběru a zpětného zapouštění důlní vody (Zdroj: Bartoš, Grmela, 2008)

4.5 Využití tepelné energie důlních vod OKR

Díky existenci čerpacího systému Vodní jámy Jeremenko je možné využít geotermální energii z důlních vod akumulovaných v hlubších částech likvidovaných dolů. Protože je zde stabilní zdroj vody o teplotě 26 – 28°C, využívá se od roku 2005 odpadní teplo pro ohřev teplé užitkové vody.

Jedná se o systém ohřevu teplé užitkové vody pomocí dvouvýměnníkového tepelného čerpadla. Primární výměník voda–voda je umístěn ve směšovací stanici a předává tepelnou energii čerpané důlní vody „transportnímu“ médiu, to ji dopraví k tepelnému čerpadlu. Voda se ohřeje v tepelném čerpadle na cca 55°C a předá svou tepelnou energii v sekundárním výměníku cirkulující vodě. Pak se ohřátá voda vede do zásobníkových ohřívačů. Ty slouží pouze jako akumulční nádrže při normálním provozu.

Pro získání geotermální energie je možné využít systémů vzduch–voda, voda–voda a země–voda.

a) Systém vzduch–voda: využívá tepla důlních větrů pomocí tepelných čerpadel.

Tento systém je využitelný jen u činných dolů.

b) Systém voda–voda: využívá teplo důlních vod, které jsou z provozních důvodů

čerpány na povrch. Část vod je možné využít na ohřev vody pro vytápění a ohřev

teplé užitkové vody pro dostupné objekty.

c) Systém země–voda: přímo využívá teplo horského masívu z trubkových tepelných jímacích systému umístěných v důlních dílech. V těch bude cirkulovat médium, které bude transportovat teplo na povrch.

4.6 Využitelnost důlních prostor pro získávání geotermální energie

Geotermální potenciál hlubinných dolů je v jistých případech dobře využitelný.

Kritéria využitelnosti:

- a) Kontinuita zdroje tepelné energie
- b) Dosažitelnost teplonosného média
- c) Technická realizovatelnost

Podpůrná kritéria:

- d) Poptávka po energii pro ohřev a vytápění
- e) Časové optimum dodávek energie
- f) Požadavek na množství odebrané energie

Podpůrná kritéria musí být vyhodnocována individuálně při posuzování jednotlivých lokalit.

4.6.1 Využití důlních větrů na činných dolech

Jako dobře využitelné se jeví využití důlních větrů na činných dolech v režimu vzduch–voda.

Plnění kritérií využitelnosti:

Ad a) větrání dolů je nepřetržitý proces a ohřáté výdušné větry odváděny nuceným větráním z dolů jsou stále dosažitelné.

Ad b) teplonosným médiem jsou výdušné větry, snadno dosažitelné, využití je možné jen v činných dolech.

Ad c) získání tepla je technicky realizovatelné.

4.6.2 Využití důlních vod na činných dolech

Vhodnou možností je využití důlních vod na činných dolech v režimu voda–voda.

Plnění kritérií využitelnosti:

Ad a) čerpání důlních vod není nepřetržitý proces a důlním prostředím ohřáté důlní vody jsou odváděné čerpacím systémem na povrch, čerpány jsou převážně v nočních hodinách.

Ad b) teplotou nosným médiem jsou čerpané důlní vody snadno dosažitelné, využití je možné jen na činných dolech.

Ad c) získání tepla je technicky realizovatelné.

4.6.3 Využití důlních vod – vodní jámy

Plnění kritérií využitelnosti:

Ad a) čerpání důlních vod není nepřetržitý proces a důlním prostředím ohřáté důlní vody jsou odváděné čerpacím systémem na povrch, jsou čerpány převážně v nočních hodinách.

Ad b) teplotou nosným médiem jsou čerpané důlní vody snadno dosažitelné.

Ad c) získání tepla je technicky realizovatelné.

Pro tento systém se jeví nejlepší využívání v areálech Vodní jámy Jeremenko a Vodní jámy Žofie, kde jsou v provozu čerpací systémy.

4.6.4 Využití geotermální energie hornin – činné doly

Jedná se o klasickou realizaci systému země–voda, kdy jímací kolektory jsou instalovány v důlních prostorách na příslušném horizontu a budou s okolní horninou spojeny vhodným vyplňovacím materiálem s dobrou vodivostí.

Kolektory budou spojeny s tepelným čerpadlem na povrchu pomocí cirkulačního potrubí. Cirkulaci bude zajišťovat čerpadlo umístěné na povrchu dolu.

Ad a) je trvale zabezpečena, ale je nutné ověřit vyvážený stav, ke kterému dojde odvodem tepelné energie prostřednictvím jímacího kolektoru a přívodem energie z horského masivu.

Ad b) teplotou nosným médiem je tekutina v cirkulačním systému, problémem může být bezporuchovost a životnost kolektoru a údržba cirkulačních potrubí.

Ad c) získání tepla je technicky realizovatelné.

4.6.5 Využití geotermální energie hornin – zlikvidované doly

Jedná se o klasickou realizaci systému země–voda, kdy jímací kolektory budou instalovány v nepoužívaných důlních prostorách na příslušném horizontu a budou s okolní horninou spojeny vhodným výplňovým materiálem s dobrou vodivostí. Kolektory budou spojeny s tepelným čerpadlem na povrchu pomocí cirkulačního potrubí, které bude v prostoru jámy zasypané zvoleným materiálem. Cirkulaci bude zajišťovat oběhové čerpadlo umístěné na povrchu dolu.

Ad a) je trvale zabezpečena, je ale nutné ověřit vyvážený stav, ke kterému dojde odvodem tepelné energie prostřednictvím jímacího kolektoru a přívodem energie z horského masívu.

Ad b) teplonosným médiem je tekutina v cirkulačním systému, problémem může být bezporuchovost a životnost kolektoru a bezporuchovost a životnost cirkulačních potrubí, která budou trvale nepřístupny.

Ad c) získání tepla je technicky velmi těžko realizovatelné.

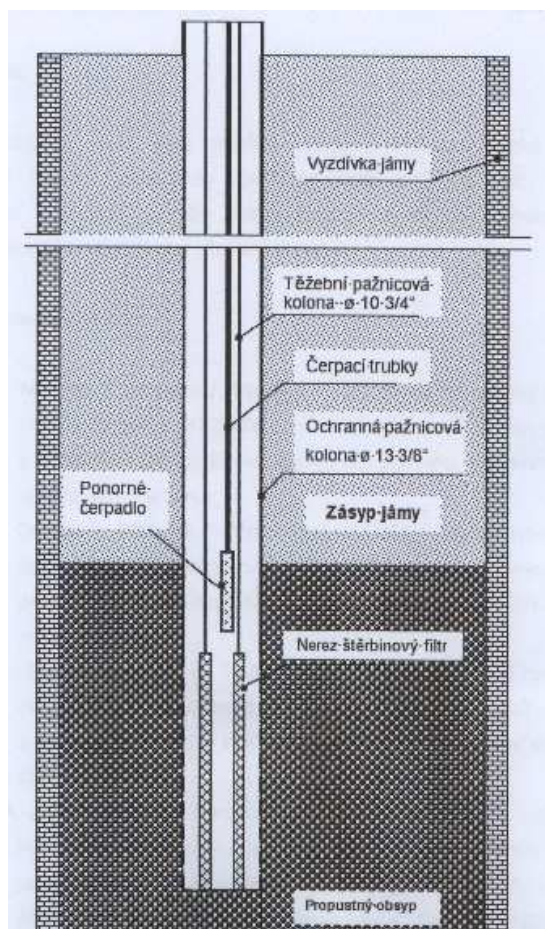
4.7 Technické a bezpečnostní možnosti využívání geotermální energie důlních vod

OKR

V současnosti lze pro získávání tepla využívat vodu čerpanou z obou vodních jam (Vodní jáma Jeremenko, Vodní jáma Žofie), a případně také vodu čerpanou z jednotlivých činných dolů KDP.

V průběhu likvidace kterékoli z vodních jam nebo jámy v KDP, lze do jámy umístit zařízení dle obr. 18. Ochranná pažnicová kolona $\varnothing 13 \frac{3}{8}$ " zajistí ochranu těžební pažnicové kolony $\varnothing 10 \frac{3}{4}$ " před poškozením v průběhu zasypávání jámy. Ochrannou kolonu by bylo třeba uchytit na výstroj jámy.

Průměr těžební kolony vychází z průměru v současnosti vyráběných ponorných čerpadel. Tato čerpadla vyžadují nejmenší průměr trubek pro jejich zapaštění 8". Průměr těžební kolony má určitou manipulační rezervu. Průměr ochranné kolony vychází z průměru kolony těžební.



Obrázek 18 - Schéma čerpání důlní vody ze zasypané jámy (Zdroj: Grmela et al, 2009)

5. Využití geotermální energie důlních vod v zahraničí

Opuštěné a zatopené doly představují vysoký potenciál pro geotermální využití důlní vody. Tento potenciál byl poprvé využit v 70. letech 20. století v městě Springhill v Kanadě. Mezi další města využívající důlní vody jako zdroj energie, patří Park Hill v USA, Follde v Norsku, Shettleston ve Velké Británii.

5.1 Španělsko



Obrázek 19 - Město chystající se využívat geotermální energie důlních vod(Zdroj: <http://www.eurekalert.org>)

Rafael Rodríguez a Maria Belarmina Díaz z univerzity v Oviedu navrhli využití geotermální energie z opuštěných dolů k získání teplé vody a vytápění pro lokální města (Rodríguez R., Díaz M.B., 2009) Vyvinuli semiempirickou metodu, s níž je možné vypočítat množství tepla, které lze získat z určitého dolu určeného k opuštění.

Jejich studie se zabývala geotermálním využitím 2 km dlouhé důlní šachty. Zde byla teplota v hloubce cca 500 m pod povrchem přibližně 30°C. Do trubek by byla přiváděna voda o teplotě 7°C a opouštěla ji ohřátá na 12°C.

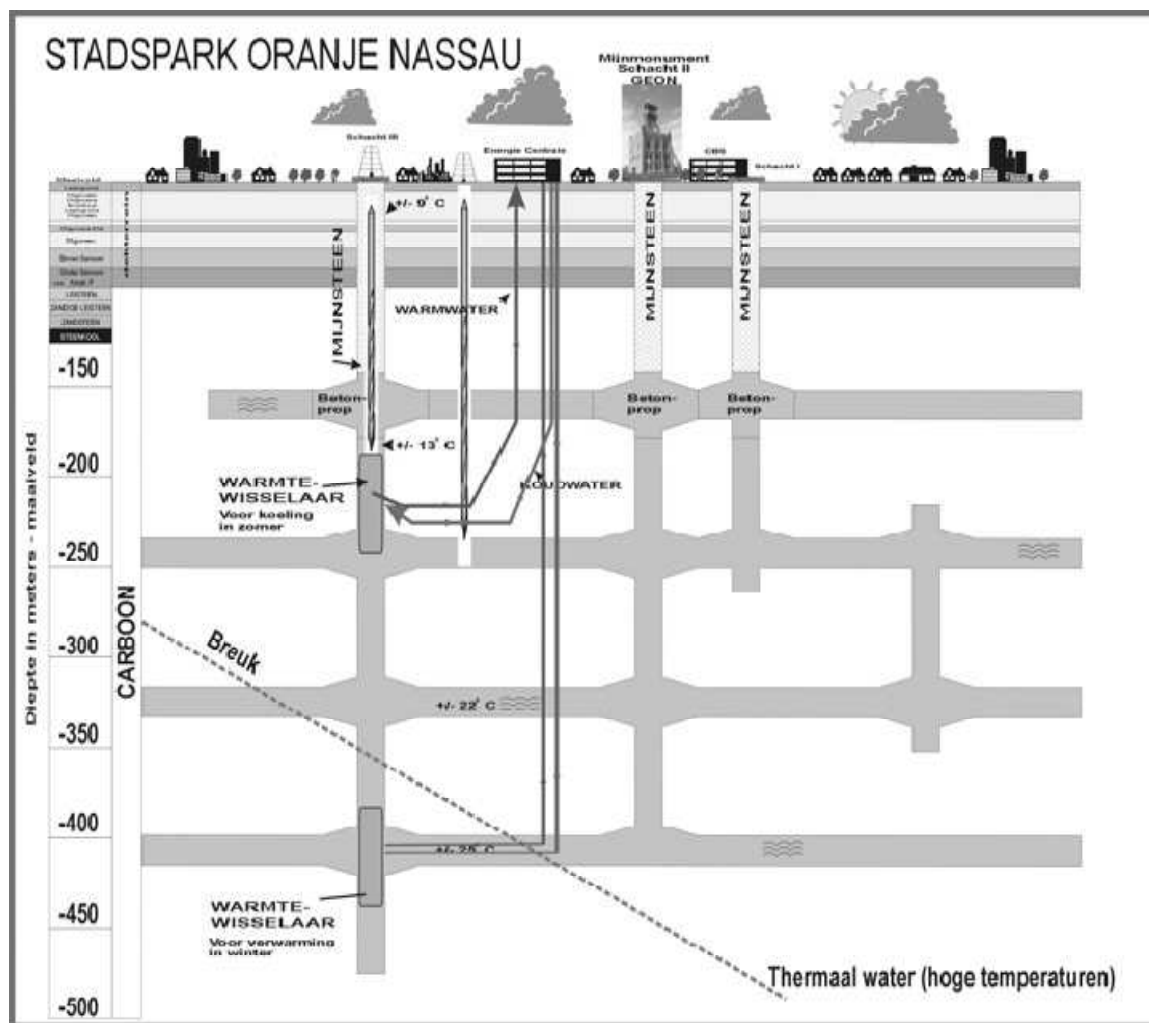
Výhody geotermální energie z dolů:

- Využití geotermální energie pomáhá snižovat emise CO₂ a je nezávislá na klimatických podmínkách (na rozdíl od jiných obnovitelných zdrojů, jako je solární nebo větrná energie).
- Využívá se přírodních zdrojů a nedochází ke znečištění prostředí.
- Geotermální energie může být využita přímo v rodinných domech, průmyslových halách, bazénech apod.

5.2 Holandsko

Město Heerlen v provincii Limburg v jižním Holandsku využívá geotermální energii k vytápění a chlazení budov.

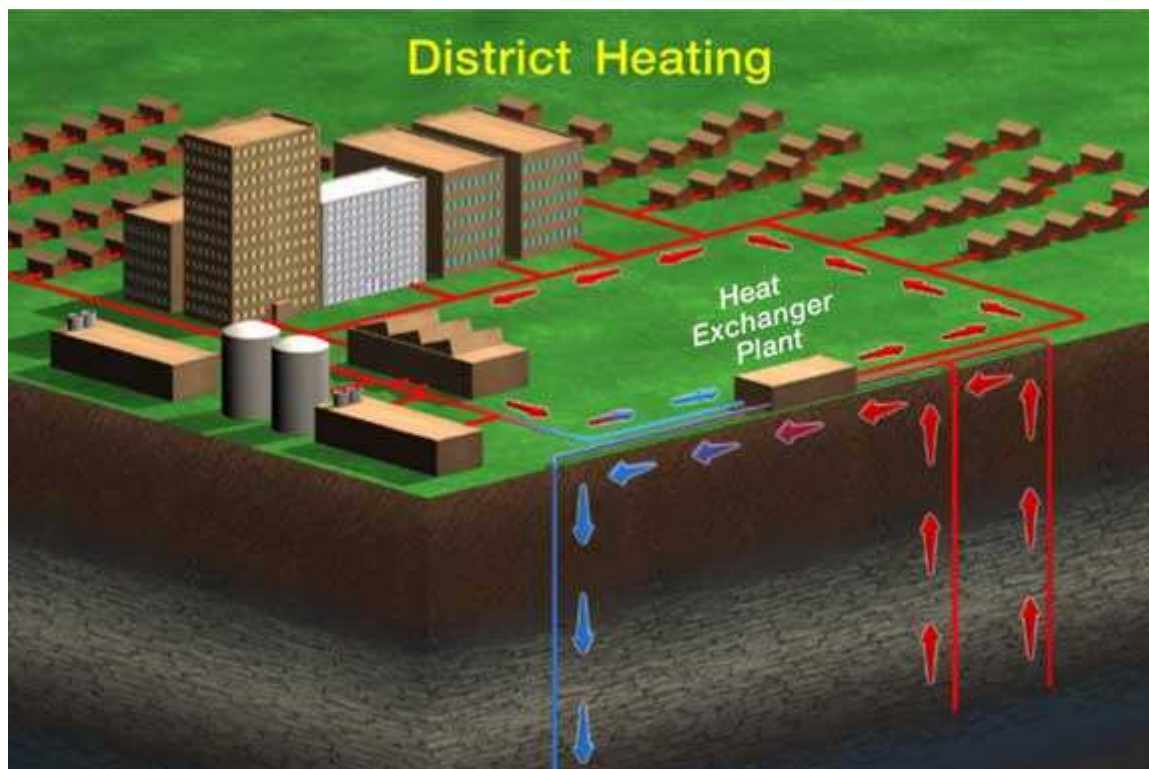
Ve svém projektu využili staré zatopené doly a tepelné energie jejich důlních vod k pohonu rozsáhlého systému místního vytápění. Tento systém poskytuje teplou vodu a vytápění v zimě, studenou vodu či chlazení v létě celkem 350 domům a podnikům.



Obrázek 20 Důlv Heerlenu(Zdroj:

http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5Cpalenc%5C2005%5CDemollin.pdf)

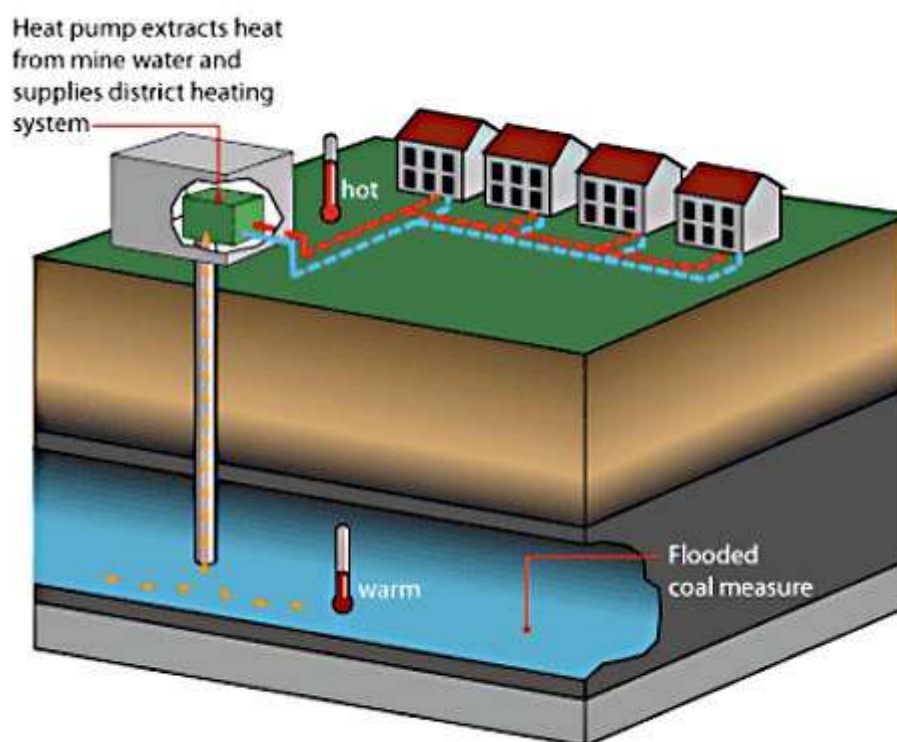
V Nizozemsku bylo uhlí jedním z hlavních zdrojů energie od poč. 20. století až do roku 1959, kdy bylo objeveno na severu země velké množství levného zemního plynu. Uhelňý průmysl ztratil svůj významný podíl na trhu a doly byly uzavřeny. V Heerlenu je důl uzavřen, zatopen a nevyužíván již posledních 30 let.



Obrázek 21 - Oblast vytápění v Heerlenu (Zdroj:<http://www.inhabitat.com/2008/12/10/heerlen-minewater-project/>)

Na různých místech po celém městě bylo vyvrtáno 5 vrtů pro přístup k důlním vodám. Každý vrt je 700 m hluboký a objem pumpovaného množství je 80 m³/hod. Teplota vody na dně vrtu je 32°C a ochlazuje se na 28°C na povrchu. Používají zde dvoušachetní technologii, kdy jedna šachta s teplou vodou funguje jako zdroj, teplá voda je vynesena na povrch a tepelné čerpadlo rozvádí teplo do domácností. Mezitím je důlní voda čerpána zpět do hloubky 450m druhou šachtou a reinfiltrována.

V létě, aby docházelo i k chlazení, je voda čerpána pouze z hloubky 250 m, kde nemá tak vysokou teplotu.



Obrázek 22 - Schéma vytápění (Zdroj:<http://www.inhabitat.com/2008/12/10/heerlen-minewater-project/>)

5.3 Polsko

V Czeladź, měste v oblasti Hornoslezské pánve, je plánováno využití důlních vod z uhelného dolu. Důl byl uzavřen v roce 1992. Je zde čerpána voda o teplotě 14°C. Energie získána z důlních vod z hloubky 200 m pod povrchem by měla být využita pro vytápění historického komplexu starých domů horníků, který bude renovován. (DEMOLLIN – SCHNEIDERS, E. a kol., 2005)

5.4 Skotsko - Shawfair

Na dřívějším největším dole ve Skotsku, Monkton Hall nacházejícím se severovýchodně od hlavního města Edinburgh, vzniká nová vesnice jménem Shawfair. Provoz na Monkton Hall byl zastaven na začátku 90. let a poté byl zatopen. Teplota zdejších důlních vod je 13°C. Shawfair má být modelovým příkladem udržitelného rozvoje a zásobování energie ze zatopených dolů. (DEMOLLIN – SCHNEIDERS, E. a kol., 2005)

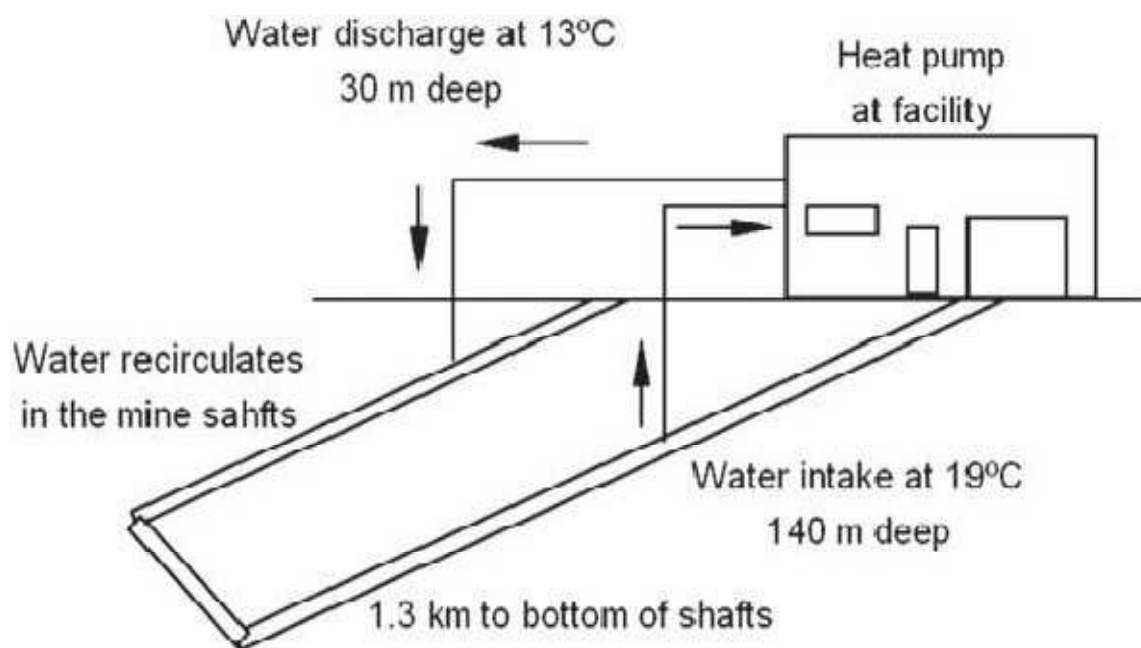
5.5 Skotsko – Lumphinnans

Tepelná energie vod ze zatopených důlních děl nacházejících se 170 m pod povrchem je přeměněna tepelnými čerpadly na teplotu okolo 53°C. Tato ohřátá voda je rozvedena pomocí radiátorů a bojlerů do jednotlivých bytů. (GILBERT, J. Architects, 2005)

5.6 Kanada

Projekt vytápění a chlazení pomocí geotermální energie důlních vod zatopených dolů je využíván od roku 1989 ve městě Springhill v Novém Skotsku.

Více než 200 let podpovrchové těžby uhlí v Novém Skotsku zanechalo mnoho kilometrů čtverečních starých důlních děl často umístěných přímo pod městy. Během let byly tato důlní díla zatopená. Voda je zde čerpána z hloubky 140 m. (Raymond J., Therrien R., 2008)



Obrázek 23 - Využití geotermální energie ve Springhillu (Zdroj: <http://www.sciencedirect.com/>)

Důlní voda o teplotě 19°C je použita k vytápění a chlazení průmyslových budov prostřednictvím tepelných čerpadel.

5.7 USA – Missouri

Park Hill se nachází v severovýchodním Missouri. Místní obecní budova je vytápěna teplem pocházejícím z důlních vod zatopených dolů. Tyto doly leží v hloubce cca 10 – 132 m pod povrchem města. Teplota voda je cca 14°C. (Geothermal Heat Pump Consortium ,1997)

Využívají dvoušachetní technologii, kdy jedna šachta s teplou vodou funguje jako zdroj, teplá voda je vynesena na povrch a tepelné čerpadlo rozvádí teplo do objektu. Mezitím je důlní voda čerpána zpět do hloubky 450m druhou šachtou a reinfiltrována. Každá šachta je hluboká 122 m a každou minutu je čerpáno 0,28 m³ vody.

Pokud je třeba ochlazování během letních měsíců, proces je obrácen a teplo získané z budovy je předáno vodě v důlních prostorách.



Obrázek 24 - Budova radnice v Park Hill (Zdroj: <http://www.geoexchange.org/pdf/cs-064.pdf>)

6. Závěr

Cílem této práce bylo popsat možnosti využití geotermální energie důlních vod v ostravské a karvinské dílčí pánvi.

Důlní prostory hlubinných dolů představují ideální retenční prostředí termálních vod. Je zde zajištěna stabilita kvalitativní (chemické složení důlních vod a teplotní variační rozpětí) a kvantitativní (retenční objem důlních vod).

V současné době je získáváno teplo z vod čerpaných na Vodní jámě Jeremenko a Vodní jámě Žofie. Toto teplo se využívá pro ohřev teplé užitkové vody.

Ze zahraničí jsou známy případy využití geotermální energie důlních vod pro vytápění budov, ohřev vody a případně také chlazení v létě, např. v Kanadě, USA, Velké Británii a Nizozemsku. Tyto projekty ukazují, že vytápění pomocí geotermální energie důlních vod je technicky i ekonomicky proveditelné.

Využití geotermální energie důlních vod patří k efektivním způsobům získání energie. Cílem je snížit zatížení ovzduší exhalacemi při získávání tepelné energie z fosilních paliv a hlavně úspora neobnovitelných energetických surovin.

7. Seznam použité literatury

1. BARTOŠ, P., GRMELA, A.: Analýza možností využití důlních vod včetně kvantifikace zdrojů tepla a kapacity akumulovaných vod. Ověření vhodnosti vyvolávání cirkulace vod v systému. Vytipování vhodných lokalit důlních děl v MSK regionu. Průběžná zpráva o řešení projektu v programu TANDEM: „Využití geotermální energie hlubinných dolů v souladu s trendy udržitelného rozvoje“. FT – TA – 4/040. Ostrava, 2008.
2. ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA – GEOFOND [online] [cit.2010-03-20]
Dostupné na WWW <<http://www.geofond.cz/geosluzba/stara.htm>>.
3. DEMOLLIN – SCHNEIDERS, E., MALOLEPSZY, Z., BOWERS, D.: Potentiel use of geothermal energy from mine water in Europe for cooling and heating. International conference „Passive and low energy cooling for the built environment“, May 2005, Santorini, Greece. [cit.2010-03-20] Dostupné na WWW
<http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5Cpalenc%5C2005%5CDemollin.pdf>.
4. Geothermal Heat Pump Consortium (1997) Municipal Building, Park Hills, Missouri. [cit.2010-03-20] Dostupné na WWW:
<<http://www.geoexchange.org/pdf/cs-064.pdf>>.
5. Geothermal mine water as an energy source for heat pumps. [cit.2010-03-20]
Dostupné na WWW
<<http://www.oee.mcan.gc.ca/publications/infosource/pub/ici/caddet/english/pdf/R122.pdf>>.
6. GILBERT, J. Architects: A technical report on Ochil View, Lumhinnans (2006). [cit.2010-04-01]. Dostupné na WWW
<http://www.johngilbert.co.uk/pdf_files/JGA_Lumphinnans_tech.pdf>.
7. GILBERT, J. Architects: Sustainable housing, Glenalmond Str.(2006)
[cit.2010-04-01]. Dostupné na WWW
<http://www.johngilbert.co.uk/pdf_files/innovation/a_Shettleston.pdf>.
8. GRMELA, A., BLAŽKO, A.: Důlní vody a jejich začlenění v legislativě České republiky. Hornická Příbram ve vědě a technice 2004. [cit. 2010-04-01]. Dostupné na WWW <<http://slon.diamo.cz/hpvt/2004/Z/Z06.htm>>.
9. GRMELA, A., RAPANTOVÁ, N., BUJOK, P.: Důlní vody – současný stav – čerpání důlních vod na povrch (Vodní jámy Jeremenko a Žofie). Analýza možného ovlivnění přítoku k jámám – určené změny objemů energeticky využívaných důlních vod. Zpráva pro FITE. Ostrava, 2009.
10. GRMELA, A. a kol.: Hydrogeologické podklady pro využití tepla důlních vod čerpaných v OKR. Dílčí zpráva za rok 2009. „Využití geotermální energie hlubinných dolů v souladu s trendy udržitelného rozvoje“. FT – TA – 4/040. Ostrava, 2009.

11. Heinnlich Industrietechnik spol.s r.o., Termo komfort, Úsporně energetické systémy: Tepelná čerpadla G –Term. 2007
12. CHARTER, D.: Dutch city kept warm by hot-water mines. [cit. 2010-04-01]. Dostupné na WWW :
<<http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article4887672.ece>>.
13. CHLUPÁČ, I. a kol.: Geologická minulost České republiky. Praha, 2002. Academia, str.167 – 171, ISBN 80 – 200 – 0914 – 0
14. LACKA, D., PIEKARSKI, M.: Pompy ciepła: Podstawowa charakterystyka i zastosowania. Archiv ATH-Bilesko-Biala, Willowa 2. WiOŚ, 2010. - MS
15. MEINHOLD, B.: Old coal mines adapted to create geothermal energy.[cit. 2010-03-11] Dostupné na WWW<<http://www.inhabitat.com/2008/12/10/heerlen-minewater-project/>>
16. RAYMOND, J., THERRIEN, R.: Low temperature geothermal potential of the flooded Gaspé Mines, Québec, Canada. Geothermics (2008), vol. 37, No. 2, s.189 – 210. Dostupné na WWW<
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=1313472472&_sort=r&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=fc22dcdf2d1170a725974c46788b0760>
17. RENZ, A., RÜHAAK , W., SCHÄTZL, P., DIERSCH, H.-J.G.: Numerical modeling of geothermal use of mine water: Challenges and examples. Mine water and the Environment (2009), vol.28., No.2. .[cit. 2010-03-11] Dostupné na WWW<
<http://www.springerlink.com/content/?k=Numerical+modeling+of+geothermal+use+of+mine+water%3a+Challenges+and+examples&sortorder=asc&Copyright=2009>>
18. RODRÍGUEZ, R., DÍAZ, M.B.: Analysis of the utilization of mine galleries as geothermal heat exchangers by means a semiempirical prediction method. Renewable Energy, 2009, vol.34, No.7, July, s.1716 – 1725. Dostupný na WWW
<<http://www.sciencedirect.com/science>>

8. Seznam obrázků

Obrázek č.1: Zastoupení jednotlivých kategorií v registru SDD	8
(Zdroj: http://www.geofond.cz/geosluzba/stara.htm)	
Obrázek č.2: Situace dílčích pánví v OKR.....	9
(Zdroj: Grmela et al 2009)	
Obrázek č.3: Situace karbonských oken v OKR.....	12
(Zdroj: Grmela et al., 2009)	
Obrázek č.4: Schéma hydraul. propojení ostravského a oderského bazénu.....	13
(Zdroj: Grmela et al., 2009)	
Obrázek č.5: Schéma dílčích pánví v OKR (stav k roku 2009).....	13
(Zdroj: Grmela et al, 2009)	
Obrázek č.6: Schéma hydraul. propojení ostravského a oderského bazénu Důlními díly ODP.....	14
(Zdroj: Grmela et al., 2009)	
Obrázek č.7: Graf režimu teplot čerpaných důlních vod VJJ a VJŽ.....	17
(Zdroj: Bartoš, Grmela, 2008)	
Obrázek č.8: Schéma zapojení tepelného čerpadla.....	18
(Zdroj: Lacka, Piekarski , 2010)	
Obrázek č.9: Funkce tepelného čerpadla.....	19
(Zdroj: http://www.mastertherm.cz/princip-tepelneho-cerpadla)	
Obrázek č.10: Tepelné čerpadlo typu voda-voda.....	20
(Zdroj: Lacka, Piekarski, 2010)	
Obrázek č.11: Schéma vrtu a tepelného čerpadla.....	20
(Zdroj: Lacka , Piekarski, 2010)	
Obrázek č.12: Tepelné čerpadlo typu vzduch-voda.....	21
(Zdroj: Lacka, Piekarski M, 2010)	
Obrázek č.13: Tepelné čerpadlo typu země-voda.....	22
(Zdroj: Lacka , Piekarski M, 2010)	
Obrázek č.14: Tepelné čerpadlo.....	22
(Zdroj: Lacka, Piekarski , 2010)	
Obrázek č.15: Schéma studny.....	23
(Zdroj: Lacka, Piekarski , 2010)	

Obrázek č.16: Schéma odběru důlní vody.....	24
(Zdroj: Bartoš , Grmela , 2008)	
Obrázek č.17: Schéma odběru a zpětného zapouštění důlní vody.....	25
(Zdroj: Bartoš , Grmela , 2008)	
Obrázek č.18: Schéma čerpání důlní vody ze zasypané jámy.....	29
(Zdroj: Grmela et al., 2009)	
Obrázek č.19: Město chystající se využívat geotermální energii důlních vod.....	30
(Zdroj: http://www.eurekalert.org/pub_releases/2009-07/f-sf-mcp072709.php)	
Obrázek č.20: Důl v Heerlenu.....	31
(Zdroj: http://www.inive.org/members_area/medias/pdf/Inive%5Cpalenc%5C2005%5CDemollin.pdf)	
Obrázek č.21: Oblast vytápění v Heerlenu.....	32
(Zdroj: http://www.inhabitat.com/2008/12/10/heerlen-minewater-project/)	
Obrázek č.22: Schéma vytápění.....	33
(Zdroj: http://www.inhabitat.com/2008/12/10/heerlen-minewater-project/)	
Obrázek č.23: Využití geotermální energie ve Springhillu.....	34
(Zdroj: http://www.sciencedirect.com/science)	
Obrázek č.24: Budova radnice v Park Hill.....	35
(Zdroj: http://www.geoexchange.org/pdf/cs-064.pdf)	

9. Seznam tabulek

Tab.1: Charakteristika důlních vod na ložiscích s ukončenou těžbou.....	10
(Zdroj: Bartoš , Grmela , 2008)	